

УДК 622.24.001.42

ВИМІРЮВАННЯ КУТА НАХИЛУ ОБ'ЄКТА КОНТРОЛЮ ПЕРВИННИМИ ЄМНІСНИМИ ПЕРЕТВОРЮВАЧАМИ

© Лютак З.П., Ніколаєв О.В., 2003

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Описані ємнісні первинні перетворювачі, які використовуються для контролю положення технологічних об'єктів Краснопіпівського підземного сховища газу в реальному часі. Показано, що для вимірювання ємності доцільно використовувати частоту коливального контуру, елементом якого є ємнісний первинний перетворювач.

Для вимірювання зміни кута нахилу технологічних об'єктів можна використовувати одну з трьох величин, що визначає ємність первинного перетворювача. Якщо знехтувати крайовим ефектом від форми електродів, то в залежності від використання того чи іншого перетворювача інформативним параметром може бути віддаль d між двома електродами ємності, діелектрична проникність ϵ середовища, яке розміщене між його електродами або рівень рідини, який перекриває їх, тобто площу електродів, що є в повітрі, й площу, що знаходиться в досліджуваному середовищі. Під площею розуміємо не дійсну площу металічних електродів, а площу частини діелектрика, що є загальною для обох обкладок, де, відповідно, зосереджена більша частина поля ємності. Часто площа електродів залишається незмінною, але при їх взаємному переміщенні електроди закривають різні за величиною площі діелектрика і тим самим змінюється ємність перетворювача. Дану властивість використовуємо для побудови ємнісних перетворювачів, які використовуються для контролю положення технологічних об'єктів підземних сховищ газу. Відмінністю запропонованих перетворювачів є те, що однією обкладкою конденсатора є центральний електрод, а інші обкладки, які встановлені на стінках перетворювача, відіграють роль другого електроду. При нахилі перетворювача можна встановити не тільки кут нахилу, але і напрямок його зміни. Такий ємнісний первинний перетворювач показаний на (рис. 1).

Для збільшення температурного діапазону роботи ємнісного перетворювача як рідина використовується суміш води та спирту з $\epsilon_p = 66,3$.

Запишемо рівняння ємностей для частини пластини, що знаходиться в рідині C_p та повітрі C_n для перетворювачів, що не нахилені [1]:

$$C_{\text{вим}0} = C_p + C_n = \frac{2\pi\epsilon_0\epsilon_p b_1}{\ln\left(1 + \frac{d}{R}\right)} + \frac{2\pi\epsilon_0\epsilon_n b_2}{\ln\left(1 + \frac{d}{R}\right)}, \quad (1)$$

де ϵ_0 – абсолютна діелектрична проникність. Для перетворювача, що нахилений під певним кутом (рис. 1б), запишемо такий вираз для ємності, частина якої заповнена рідиною, а частина повітрям:

$$C_{\text{вим}\alpha} = \frac{2\pi\epsilon_0\epsilon_n (b_2 - y)}{\ln\left(1 + \frac{d}{R}\right)} + \frac{\pi\epsilon_0\epsilon_p y}{\ln\left(1 + \frac{d}{R}\right)} + \frac{\pi\epsilon_0\epsilon_n y}{\ln\left(1 + \frac{d}{R}\right)} \quad (2)$$

Отже рівняння зміненої ємності після нахилу перетворювача буде таким:

$$\Delta C = C_{\text{вим}\alpha} - C_{\text{вим}0}. \quad (3)$$

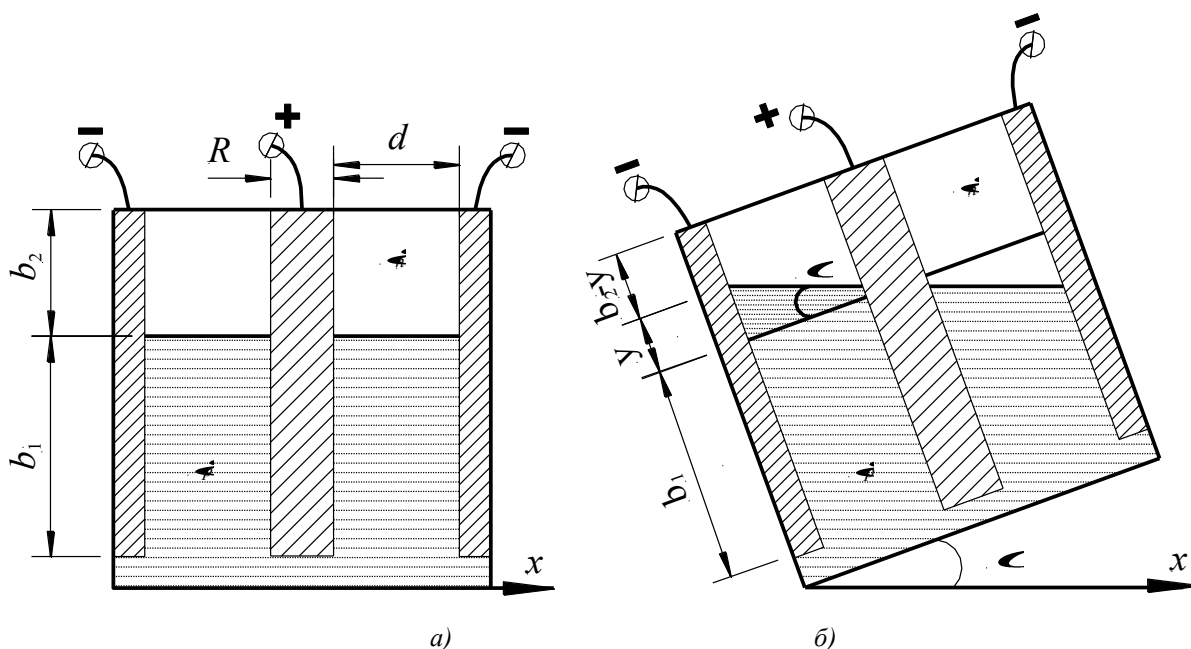
Враховуючи рівняння (1-3) визначимо y :

$$y = \frac{\Delta C \cdot \ln\left(1 + \frac{d}{R}\right)}{\pi\epsilon_0 \cdot (\epsilon_p - \epsilon_n)}. \quad (4)$$

Кут нахилу перетворювача можна визначити геометрично і він буде таким:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{y}{d} = \frac{\Delta C \cdot \ln\left(1 + \frac{d}{R}\right)}{d\pi\epsilon_0 \cdot (\epsilon_p - \epsilon_n)}. \quad (5)$$

Таким чином отримано однозначну залежність між вимірюваною ємністю та тангенсом кута нахилу перетворювача.



а) горизонтально розташований перетворювач; б) перетворювач, нахилений під певним кутом α від початкового положення; ϵ_n , ϵ_p - діелектричні проникності повітря та рідини відповідно; R - радіус електроду; d - відстань між пластинами; b_1 , b_2 - відповідно висота рідини та пластини в повітрі горизонтально розміщеного перетворювача; y - зміна висоти рідини нахилоного перетворювача.

Рис. 1. Вимірювальний ємнісний перетворювач положення

Для електродів, що розташовані на діаметрально протилежній стороні перетворювача і які менше перекриваються рідиною, визначимо аналогічним способом тангенс кута нахилу:

$$\operatorname{tg} \alpha_2 = \frac{y}{d} = \frac{\Delta C_2 \cdot \ln \left(1 + \frac{d}{R} \right)}{d \pi \epsilon_0 \cdot (\epsilon_n - \epsilon_p)} \quad (6)$$

Як видно з рис. 1б $\operatorname{tg} \alpha_1 = -\operatorname{tg} \alpha_2$. З врахуванням цього можна визначити подвійний тангенс кута нахилу перетворювача, що дозволяє збільшити чутливість вимірювань у два рази:

$$2 \operatorname{tg} \alpha = |\operatorname{tg} \alpha_1| + |\operatorname{tg} \alpha_2| \quad (7)$$

Значення діелектричних проникностей середовищ ємнісного перетворювача залежать від температури. Будемо вважати, що діелектричні проникності рідких діелектриків мають лінійну залежність від температури [2]. З врахуванням цього визначимо аналітичну залежність зміни діелектричної проникності суміші від температури в формі прямої лінії:

$$\epsilon_p \text{ } \curvearrowright = -0.25t + 85.35 \quad (8)$$

Зміна діелектричної проникності повітря від температури при 100 %-ій відносній вологості аналітично описується системою рівнянь[2]:

$$\begin{cases} \epsilon_n \text{ } \curvearrowright = -3.7 \cdot 10^{-6} \cdot t + 1.0006, & -40 \leq t \leq 0 \\ \epsilon_n \text{ } \curvearrowright = 2.06 \cdot 10^{-5} \cdot t + 1.0006, & 0 \leq t \leq 60. \end{cases} \quad (9)$$

Для визначення функціональних залежностей ємнісного перетворювача необхідно здійснити аналіз роботи його еквівалентної схеми, яка показана на рис. 2.

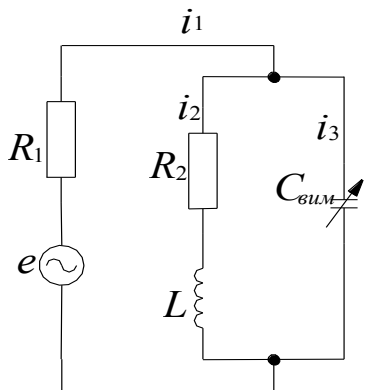
Система рівнянь, що описує роботу еквівалентної схеми в операторній формі, буде такою:

$$\begin{cases} e = i_1 R_1 + \text{ } \curvearrowright p + R_2 \text{ } \curvearrowright i_2, \\ i_3 \frac{1}{C_{\text{ем}} p} = i_2 \text{ } \curvearrowright p + R_2 \text{ } \curvearrowright i_1, \\ i_1 = i_2 + i_3. \end{cases} \quad (10)$$

Розв'язуючи дану систему рівнянь відносно ємності, отримуємо:

$$C_{\text{вим}} = \left| \frac{4L + R_1}{4\omega^2 L^2 + R_2^2} \right|, \quad (11)$$

де ω – виміряна кутова частота.



e – джерело змінної напруги високостабільної частоти, L – індуктивність, $C_{\text{вим}}$ – ємність, R_1 – вихідний опір джерела живлення, R_2 – активний опір котушки індуктивності

Рис. 2. Еквівалентна схема ємнісного перетворювача

З урахуванням (11) визначимо зміну ємності ΔC ємнісного перетворювача від зміни його кута нахилу

$$\Delta C = \frac{4L + R_1}{4\omega_0^2 L^2 + R_2^2} - \frac{4L + R_1}{4\omega_\alpha^2 L^2 + R_2^2}, \quad (12)$$

де ω_0 – кутова частота перетворювача, яка визначена, в початковий момент його встановлення; ω_α – кутова частота, визначена після нахилу перетворювача.

Таким чином, ми отримали значення зміни ємності від величини кута нахилу перетворювача. Оскільки виміряти безпосередньо ємність з високою точністю складно, то ми визначаємо її шляхом вимірювання частоти коливального контуру, елементом якого є вимірювальна ємність. Дана рішення використане при проведенні контролю величини кута нахилу технологічних об'єктів Краснопопівського підземного сховища газу в реальному часі.

1. Бугров А.В. Високочастотные емкостные преобразователи и приборы контроля качества. - М.: Машиностроение, 1982. – 194 с. 2. Каллакорн Р. Диагностика повреждений. - М.: Мир, 1989. - 516 с.

УДК 620.179

АПАРАТНА РЕАЛІЗАЦІЯ ШВИДКОГО ЗВОРОТНОГО ПРОЕКТУВАННЯ У ТРИВИМІРНІЙ РЕКОНСТРУКЦІЇ ЗОБРАЖЕНЬ

© Кабанова О.В., 2003

Івано-Франківський національний університет нафти й газу

Представлені дві можливі апаратні реалізації алгоритму швидкого зворотного проектування, які дозволяють чітко організувати і оптимізувати обчислення в даному алгоритмі. Розглянуто організацію обчислень основного кроку алгоритму, який містить найбільше операцій обчислень. Для спрощення оптимізованим об'ємом ПЗУ, який необхідний для реалізації алгоритму, буде знехтувано.

Алгоритми двовимірної томографії призначені для відновлення зрізу контрольованого об'єкта. Якщо необхідна реконструкція об'ємного сегмента, то вся процедура буде складатися з відновлення послідовних двовимірних перерізів, отриманих за допомогою руху з малою швидкістю об'єкта чи системи джерело-детектор. Для більш ефективного отримання даних для об'ємної комп'ютерної томографії використовується конусна схема

сканування і двовимірний детектор. Промені формують пучок у формі конуса з центром на детекторі і вершиною на джерелі. Джерело рентгенівського випромінювання на практиці випромінює конусний пучок променів, так що використання конусного пучка не тільки збільшує швидкість сканування, але й дозволяє ефективніше використовувати промені, які у в'язовій і паралельній схемах сканування вилучаються коліметром.